

論 著

中國夏半年几种降水天气 系統的分析研究*

謝义炳等**

(北 京 大 学)

提 要

本文是一年來从事夏季降水天气初步普查的簡單报告。第一節首先指出所用分析方法与一般國內所通用者，稍有不同。高空等压面分析，取20米作为等高線間隔， 2°C 作为等温線間隔。代替40米及 5°C 的間隔，以适应夏半年較弱的温度場与气压形势場，在剖面分析中以等假相当位温線代替位温線，与等温線配合以适应降水天气的凝結降水过程。

第二節討論了五种夏半年基本降水天气系統，即冷鋒、阻塞高压与冷渦、季風热低压、暖鋒及台風の結構，並簡單地敘述了演变过程。

第三節对某些天气概念提供一些批判性的討論。根据現已增加的观测材料，論証季風与梅雨是多样性的，决定於大規模的温度場与流場特性。以高空湿度大小区分赤道气团与热带海洋气团，証明是不适当的。因为中國赤道鋒降水区域以南，即在所謂南季風の赤道气团中，中層大气仍是干燥的。降水区域内，中層对流層的大量水份，是由於輻合或抬升的作用，使潛势的对流不穩定性成为现实的不穩定性，而由下層空气上升帶上去的。文中还論証了所謂西北槽槽線前傾是將两个系統混作一个系統的不正确結果。最后还討論了切变線及一般模型在天气分析預报中的应用与限制。

1. 目的与方法

降水的分析与預报是气象学中最重要問題之一。解放以來，我國各地人民及企業向气象工作者提出了有关於降水預报的各种要求。預报時間的長短，由廿四小时到一年以上。預报的內容，包括降水开始与結束時間，降水区域的大小与分佈，降水的强度，

* 北京大学与中央气象局關於中國降水問題研究合同报告之一(摘要)。1955年9月8日收到。

** 北京大学1955年畢業班王永生、苏福慶二同学曾协助2.1及3.2節的研究，作为畢業論文。仇永炎同志在最初階段，曾参加本文部分工作。方向法、叶慧蓉、杜瑞英同志分別担任填圖、描圖、及抄寫。

降水量的多少等等。要求是迫切的,任务是重大的。满足人民的需要是我们的任务,中国气象工作者,在这方面,从不同的角度,做过了不少的工作,也得到了卓越的成就。然而工作是复杂而艰巨的,已有的成就,远不足以满足客观的要求。本文是在各同志,尤其是在中央台联心工作同志已得结果的基础上^[1,2],企图对降水天气系统作稍进一步的探讨。希望了解一些降水天气构造的变化,作为解释与预报降水参考之用。

我国是季风夏雨式气候,夏半年是生长季节,降水大半集中在这段时期。这时期里的降水量及分佈,对国民经济的影响最大。本文目的即在于对这个重大问题,作一个初步的概括性了解,以供进一步研究的基础。将来最终目的,是在于掌握各种降水天气构造演变的物理过程,以从事大区域降水数值预报。

研究夏季天气,尤其是降水天气,一般认为最大困难是天气结构比较不清楚,流场弱而凌乱。中国方面高空探测网还不够稠密,更增加一重困难。但近年来中国探空纪录逐渐增加,提供了研究低纬度夏季天气的初步条件。实践结果,否定了或修正了若干过去对低纬度夏季天气的概念。流场是比较弱的,但是不像所想像的那样凌乱,天气系统还是相当分明的。结构比冬季不清楚些,但不是不可探索研究的。为了比较明显的表示天气结构,本文所用的分析方法,与日常分析工作稍有不同。例如:

(1) 等压面分析中等高线间隔不用 40 米,而用 20 米,等温线间隔不用 5°C 而用 2°C 。西部山地区域海拔高度接近等压面高度的地方,及其它等高线曲率大、变化快、地转风关系显然不成立的地区,等高线不机械地与风向平行。

(2) 剖面分析中,採用假相当位温线以代替位温线,另繪等温线。间隔 5°A 或 5°C 。

第一种修正方法的优点是很明显的。我们不能希望摩擦层里,或变高快的区域中,地转风关系仍然成立。在这些区域里,我们没有理由把高空图上的等高线繪成与风向完全平行。我们的国家纬度分佈辽阔,由热带到副极地。夏半年大部分地区,属于热带天气系统,流场与温度场一般比较冬季或高纬度弱。夏半年在我国从事天气分析时,没有理由採用高纬度或冬季天气分析时的等值线间隔,使我们的夏季高空图上,稀稀拉拉的只有几根线条。

第二种修正方法也是有充分理论根据的。假相当位温 θ_{se} 或湿球位温 θ_{sw} 要比位温保守。在气团鉴定与锋区分析时,应用 θ_{se} 或 θ_{sw} 比 θ 的效果要好得多,尤其是在夏季温度场微弱,而有强大的凝结降水过程情况下。由剖面图鉴别气团决定锋区时,如仅用等温线或等位温线,实在是很困难的。应用等假相当位温线於剖面图上,不仅锋

区清楚，並且当有降水現象發生时，鋒区上界經常出現明顯的極大值。湿空气沿鋒区上升的物理現象也被刻划出來了。这种現象我們最初發現於日本及我國國內的剖面圖上。为了考驗这种物理現象的普遍性，曾經試驗在大西洋及北美大陸剖面圖上，用假相当位温線分析，也得出类似的結果。

圖 1 是 1954 年 6 月 9 日 15.00 世界时，西太平洋上空 850 毫巴等压面形势圖。当时日本上空有寒潮自西北迅速南下。冷空气变性少。圖 2 是与圖 1 同时的近於东經 140° 的南北剖面圖。冷暖气团間温度差別大，冷鋒鋒区明顯。注意等假相当位温線近似地与鋒区平行，沿鋒区上界等假相当位温線在近地面处由下向上凸升。而在对流層中部由上向下凹下。形成沿着鋒区上界的極大值。

圖 3 是 1954 年 7 月 11 日 15.00 世界时，同一地区的 850 毫巴形势圖。当时西太平洋北部有阻塞高压，日本地区的冷低渦停留已久，变性很大，鋒区温度梯度比較小。圖 4 是同时的近於东經 140° 的南北剖面圖。在对流層下層，由於冷气团变性与混合，鋒区擴大其下界不明、准静止、温度梯度变弱。但沿鋒区上界等假相当位温線的極大值，仍很鮮明。引用等假相当位温線，再配合等温線，比較容易得出一个正确肯定的結果。

一年來廣泛系統地分析實踐的結果，我們認為在等压面分析中採用較小的等温線与等高線的間隔，在剖面圖上以等假相当位温線，代替等位温線，可以促進我們对夏季天气系統的了解。再由天气系統的变化，追究天气变化的物理过程。因此對於天气过程也可能有較深入一步的認識，而这又是准确地預报天气的先决条件。

2. 几种夏半年降水天气系統的結構与演变

本節所考慮的东亚降水天气系統，主要是根据近年來夏半年情况，限於人力与時間，不可能对所有降水天气系統作全面研究。而降水的地方性影响与区域性变化，也未加考慮，片面性的缺点，在所难免。將來更廣泛地進行普查时，当再增补修正。

2.1 冷鋒

冷鋒降水，是气象工作者中最熟悉的一种降水形式，与高空圖联系，表现为槽前降水。在華北地区高空槽的移动，比較有規律。如参考湿度及地理因素，主要降水区域及降水量数量級的短期預报，大多数情况中基本上沒有困难。但是当來自西北的冷空气到达華中地区后，經常有分支現象，降水区域分散，可能有兩個或三个降水中心。这种冷气流的分支現象，近廿年前已經受到注意^[3,4]。一般認為是受地形影响，但物理过程

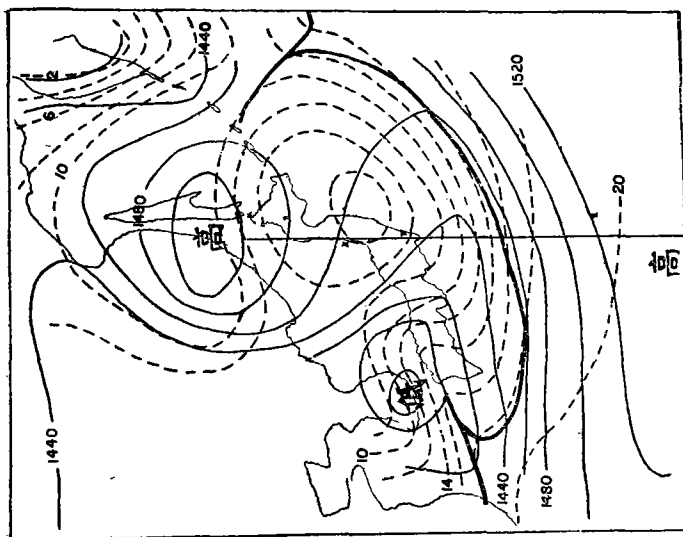


圖 1. 1954 年 6 月 9 日 15.00 世界时, 日本上空 850 毫巴圖。虛線是等溫線間隔為 2°C , 實線是等溫線間隔為 20°C , 粗黑線是鋒區上界, 直線表示圖 2 剖面圖位置, $\times$ 表示剖面圖站位置, 218 站在圖的南界外。

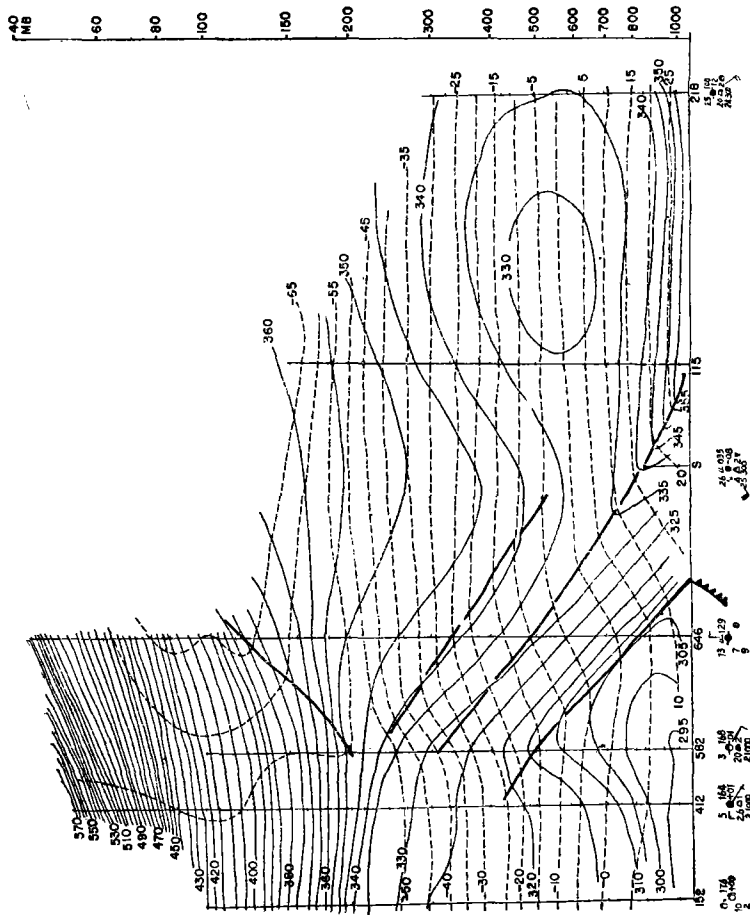


圖 2. 1954 年 6 月 9 日 15.00 世界时, 近於 140° 經度的南北剖面圖。虛線是等溫線, 間隔 5°C . 實線是等假相当位溫線, 間隔 5°C . 粗線是對流層頂及鋒區上下界。直線上小黑線段表示探空記錄特性點。地面圖上鋒是繪在鋒的下界。

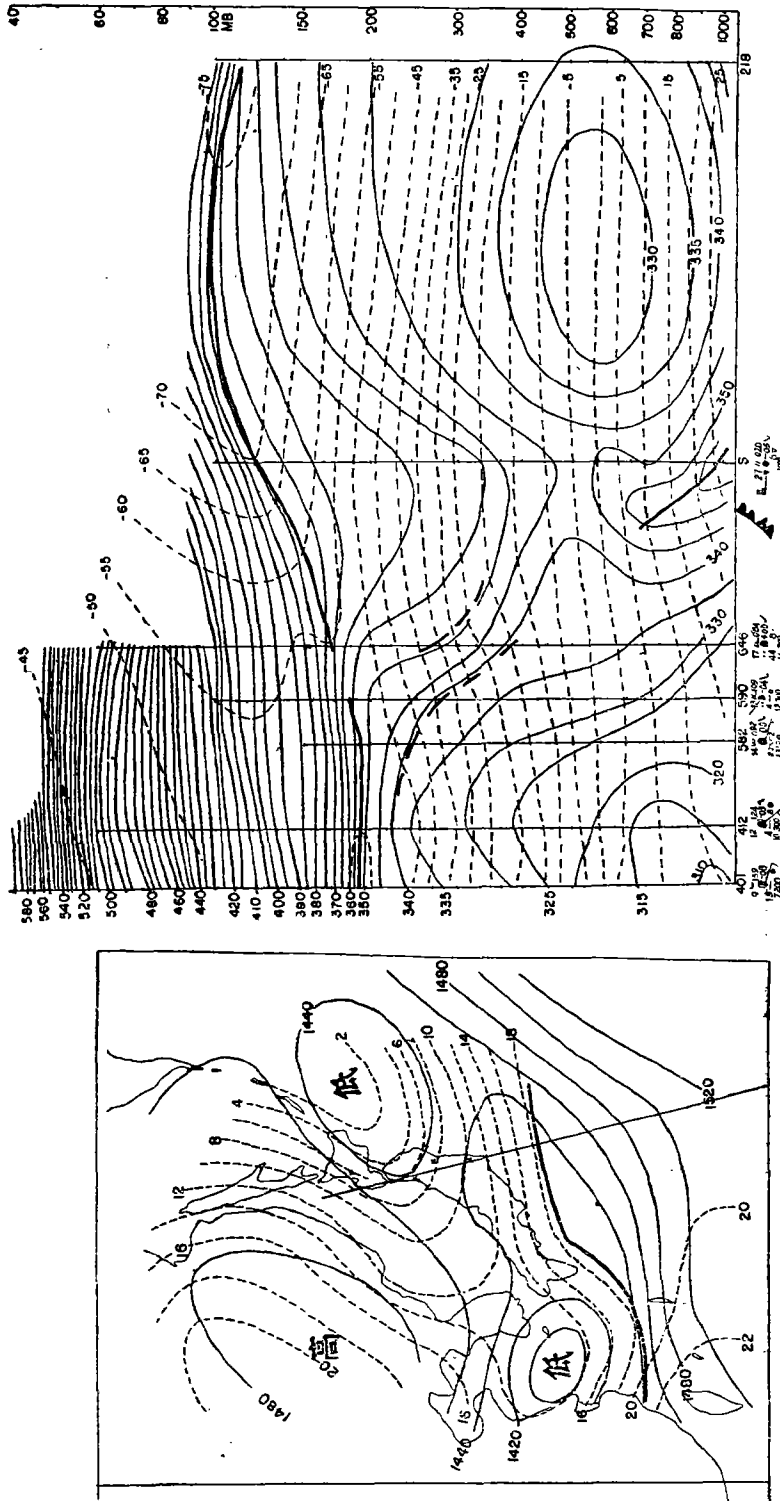


圖 3. 1954 年 7 月 11 日 15.00 世界時。日本上空 850 毫巴圖 (其他說明同圖 1)。

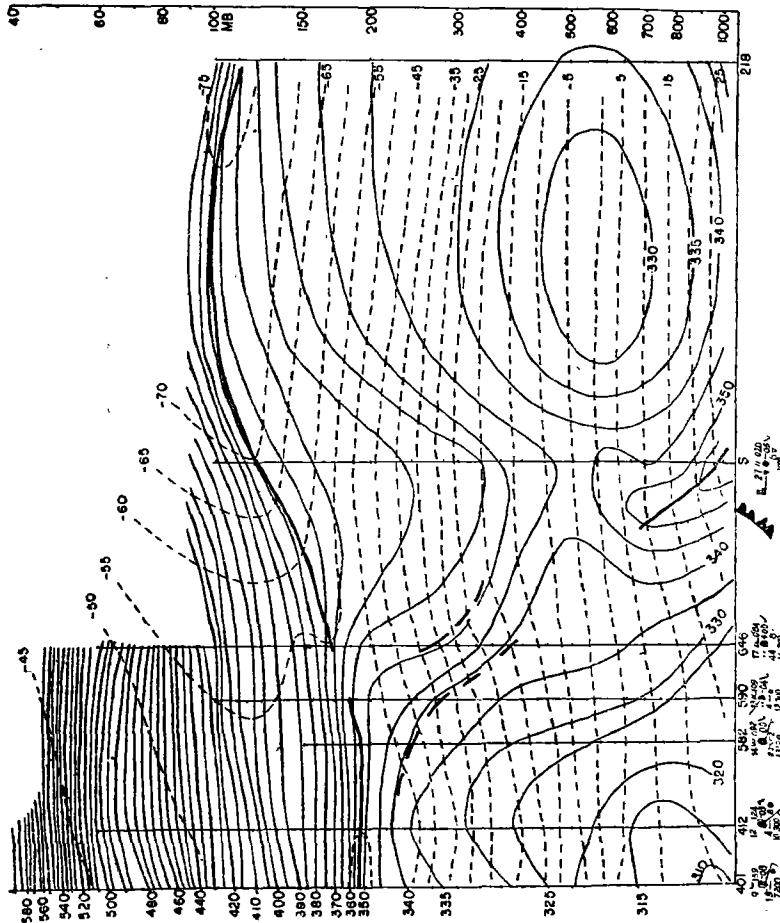


圖 4. 1954 年 7 月 11 日 15.00 世界時，近於 140° 經度的南北剖面圖 (其他說明同圖 2)。地面圖上鋒一般繪在鋒区的下界，這圖上鋒区下界消失，但輻合線存在，地面圖上鋒繪在輻合線附近。

还不能肯定,预报因而也有相当困难。

圖 5、6 是春季連續兩天的 700 毫巴面的概約圖。溫度場顯示了鋒區位置,而降水

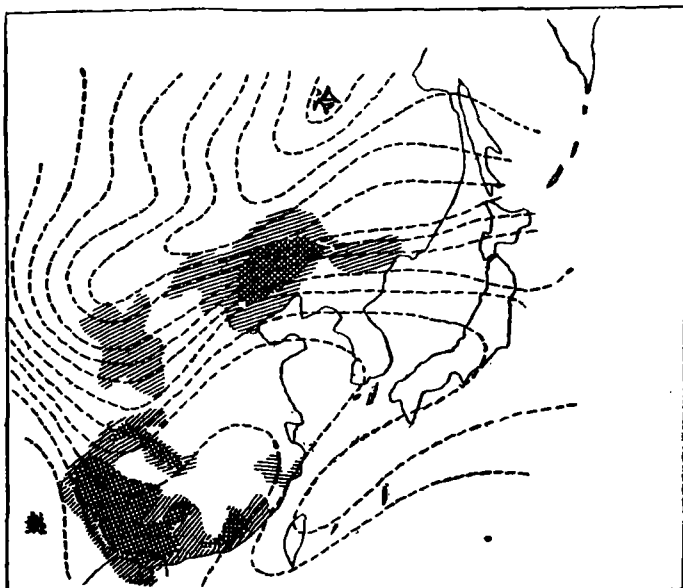


圖 5. 冷空气到达中國未分支前的 700 毫巴面溫度場概約圖。等溫線間隔 2°C ; 線条表示 24 小时降水量大於 1 公厘的地区; 方格表示 24 小时降水量大於 10 公厘地区。

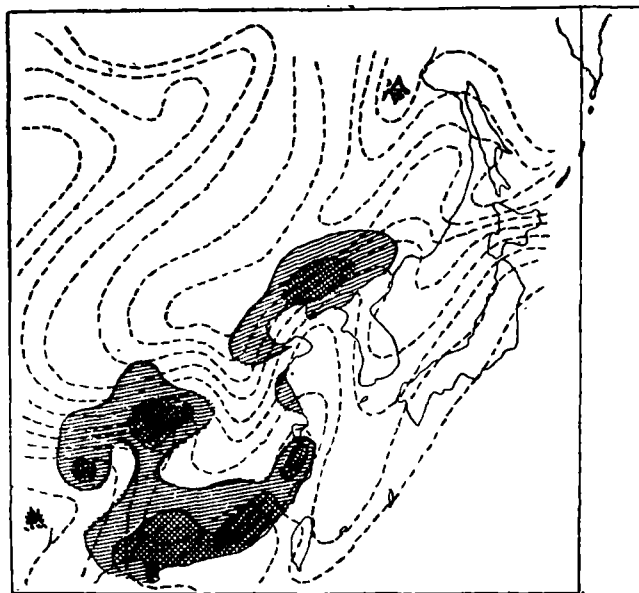


圖 6. 冷空气在中國分支后, 700 毫巴面溫度場概約圖。
是圖 5 24 小时后的情况(其他說明同圖 5)。

区域与鋒区位置是很配合的。在圖 5 上西北來的冷空气成一整片，沒有分支。鋒区由东北到西南斜貫中國。雨水在華北及華中降於鋒区附近，西南山地大雨区是山地及鋒的綜合影响所造成。东南沿海还有暖鋒式降水。次日圖 6 上，冷空气已达華中及華南，分支明顯，鋒区及降水区域分佈也比較复雜。

圖 7 是由西北到东南垂直鋒区的剖面圖。圖上顯然可以看到兩層鋒区。如在圖 5 700 毫巴圖上繪鋒，普通繪在等溫線密集区靠暖空气的边沿，是上層鋒区的上界，而一般地面圖上所繪的鋒，是下層鋒区的下界。不从事剖面分析，不能發現兩層鋒区，而很容易以为鋒区是垂直的。东亚冬季鋒区分層的现象，早已被指出^[5]。这里說明，在春季鋒区分層的现象也很明顯。这种现象形成的原因相当复雜，牽涉到大范围里的非絕热变化过程。現在还不能加以論証。

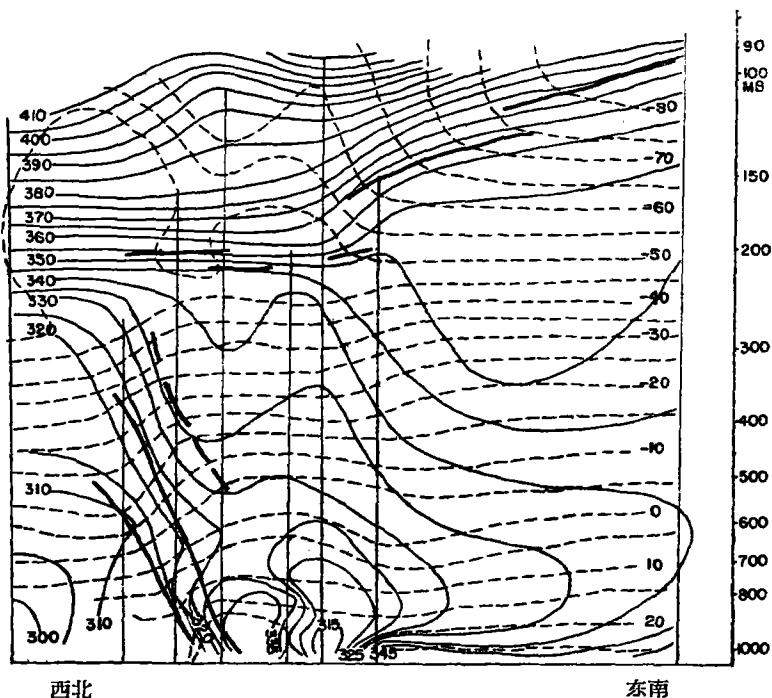


圖 7. 中國上空由西北到东南的剖面圖。是双層鋒区，上下兩層鋒区已合併，东南方向尚有淺薄的暖鋒(其他說明同圖 2)。

經過鋒区，風向一般作气旋式旋轉。在低層等压面圖上，鋒区多處於流場槽線中。由下往上，鋒区随高度傾向冷气团方向，冷空气楔入暖空气的下方，所以槽線后傾。每一層鋒区都应当有这种現象。兩層鋒区間应有脊，但当兩層鋒区接近或重合时，由於兩層鋒区間的脊消失，槽也不清楚，槽線后傾現象就比較复雜而难於分析。一般情况，上層

鋒区因冷空气南來已久,在大气下層不清楚,而下層鋒区在近地面層比較明顯。鋒区多雲,当測風气球紀錄不高,不作空間剖面分析,僅作單点測風的时间剖面圖时。常易將下層鋒区的近地面層部分的下界与上層鋒区的中下对流層部分混作一个系統,而產生槽線前傾的錯覺^[6]。根据關於兩層鋒区結構的概念,如測風紀錄达到較大的高度时,理应在測風時間剖面圖上,看到槽線下層前傾上層后傾的現象。圖8表示双層鋒区結構,上層鋒区在大气下層不明顯,下層鋒区所达高度不大。測風紀錄不高时,在單点測風時間剖面圖上所看到的前傾槽線是粗断線段AB。当測風紀錄較高时,在單点測風時間剖面圖上应当观测到下層前傾与上層后傾的整个槽線,即粗断線ABC。由於我們選擇的分析实例,多是降水天气,鋒区多凝結降水現象,測風紀錄多不高。近於圖8的实例很难找到,但也不是沒有。圖9就是一个單点測風時間剖面圖实例。槽線下層前傾上層后傾的現象很明顯。將來利用無線电測風紀錄,当能更証明这种概念。

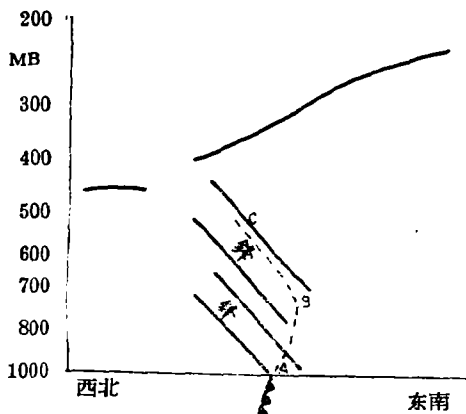


圖8. 造成槽線下層前傾上層后傾的双層鋒区結構的示意圖,上下二層区未合鋒併,如合併后也有同样情况。实線是鋒区上下界及对流層頂,断線是槽線。

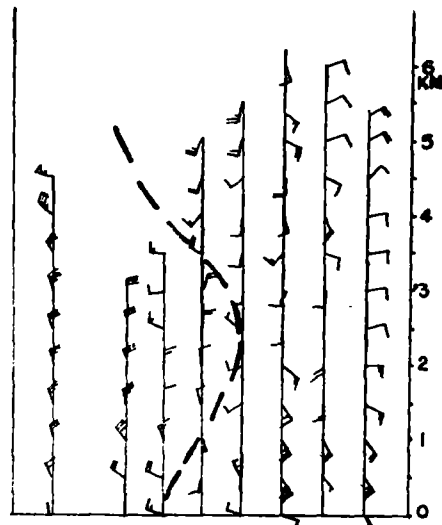


圖9. 鋒区过境前后的單点測風時間剖面圖。時間間隔12小时。断線是这个剖面圖上所看到的槽線。

2.2 阻塞高压与冷渦

阻塞高压与其西方連續產生的小冷渦的天气,曾受到注意。關於冷渦的运动規律,也有人研究过^[7,8],結果还比較肯定。在东亚也常發生这种天气情况。五月亞欧大陸地面冷高压逐漸消失时,太平洋高压伸向西北,在亞洲沿岸一帶高空常形成阻塞高压。其强度、位置与持久性的变化都很大。有时並呈現为一个准静止高压脊,有时是一个与太

平洋高压主体分割的暖高压。高压的东南方及西南方，可出現一系列的小冷渦。影响中國降水的是暖高压西南方的冷渦。当高压准靜止时，冷渦的运动也迟緩，有时也是准靜止的。高空高压的形成过程有两种形式：第一种是太平洋高压西北伸，形成高压脊或閉合高压。第二种是在大陸上形成冷渦，冷渦的西北方的高压东移或东南移，形成或加强冷渦东北方的高压脊或閉合高压。冷渦的东南部是陰雨天气。日本与中國的梅雨一部分就是这种天气結構所引起。冷渦的东方或两个冷渦之間，輻合較强，降水量也較大。冷渦的西方地区，如既不在另一冷渦的东方，又不位於山区，降水量当較小。冷渦緩慢移动及逐漸变性，是梅雨降水强度变化原因之一。

所取等高線与等温線的間隔較大时，冷渦常不明顯。把阻塞高压东南及西南方的一系列冷渦連成一根線，也称为高空切变線是不很適當的。

圖 10 是閉合阻塞高压形成於我國东北部，長江流域出現准靜止冷渦，造成連續性

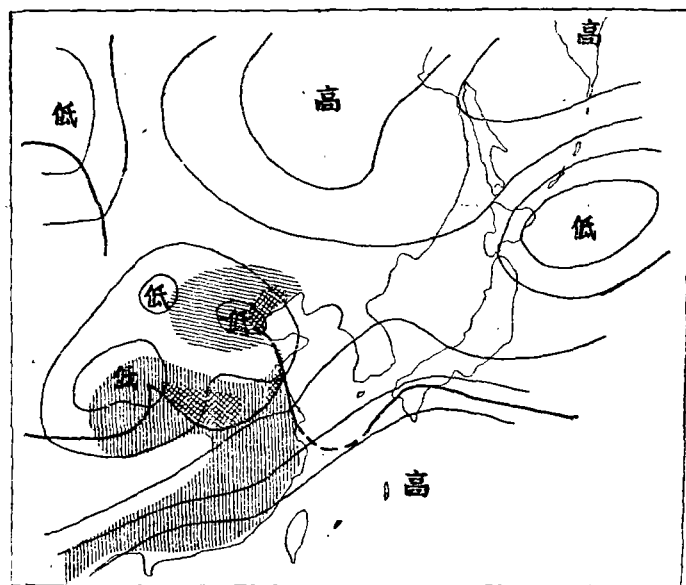


圖 10. 阻塞高压与長江冷渦情况下的中國上空 850 毫巴等压面概約圖。
粗黑線是鋒(其他說明同前)。

大雨的天气情况概約圖。閉合高压形成后，消失不易，冷渦东移緩慢。又西北方常有少量冷空气南來，構成新的冷渦。所以大規模閉合高压在中國东北及日本海形成时，長江淮河区域雨量大，雨期長，最易發生水災。

圖 11 是閉合阻塞高压形成於鄂霍次克海，另一小型比較不明顯的高压脊形成於中國东南沿海，两个高压的西南方及东南方都有冷渦或冷槽出現，日本及中國梅雨开始季節的天气情况的概約圖。

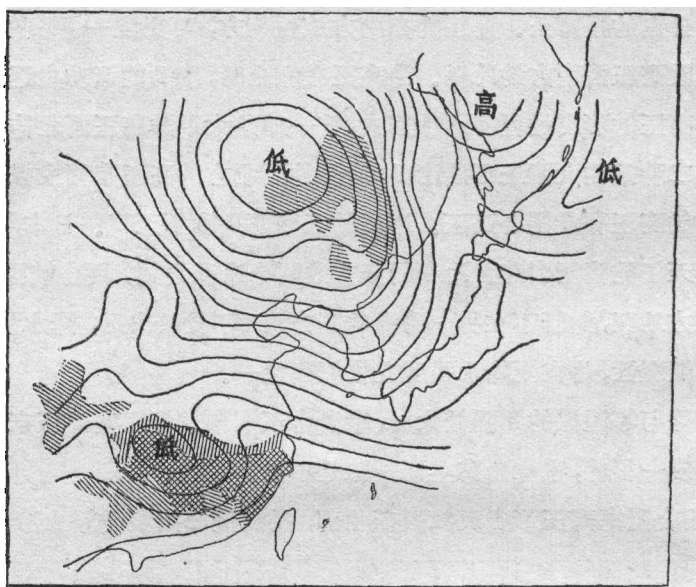


圖 11. 鄂霍次克海阻塞高压及中國东南沿海阻塞高压造成日本及中國華南梅雨天气时的 850 毫巴等压面概約圖(其他說明同前)。

圖 12 是通过冷渦的剖面圖，鋒区上界等湿球位温線上凸处是降水量最大的区域。一般預报工作人員所称的西南渦，也是冷渦，全年高空圖上都有出現，能引起降水，

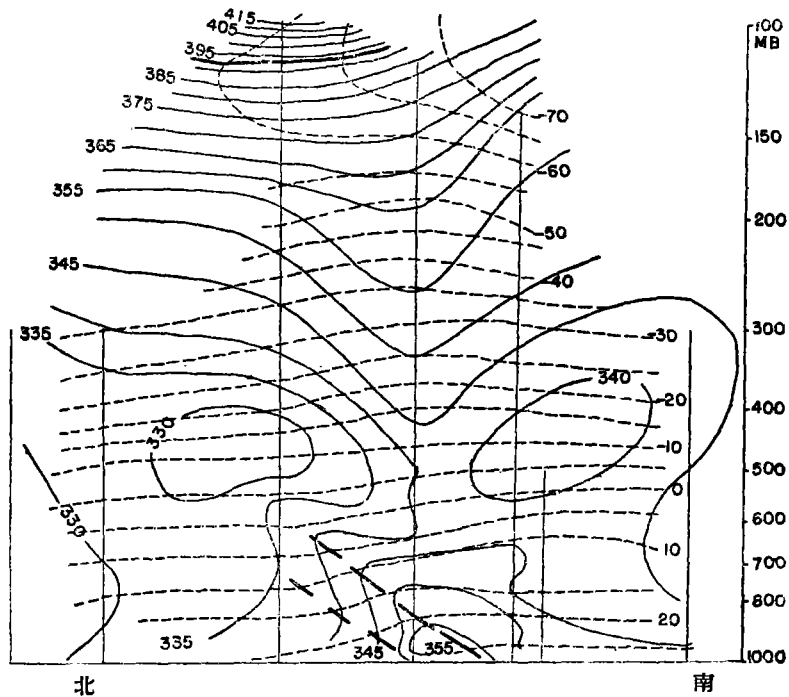


圖 12. 中國冷渦梅雨天气剖面圖(其他說明同圖 2)。

尤其夏季降水量特別大，持續性也相當長。冷渦中的冷空气在高空圖上，是由西北以冷槽或小冷渦的形式到达我國西南部。其能够准靜止地停留在江湖盆地及西南山地，还需要有利的流場，即其附近高空風向南北走向較大。最理想的情况是冷槽的西北方高空有一暖高压脊由西南伸向东北，暖空气在暖高压脊中移向东北，冷空气在冷渦或冷槽中移向西南，冷暖空气合成一个大的反气旋式渦旋运动。西風急流远在北方，太平洋高压西沿的西南气流位於冷渦的东方及南方。这样整个流場基本穩定，西南冷渦在華中及華西一帶，停留可以較久，有时在当地逐漸变性消失。圖 13 是冷渦形成並准靜止的过程示意图。

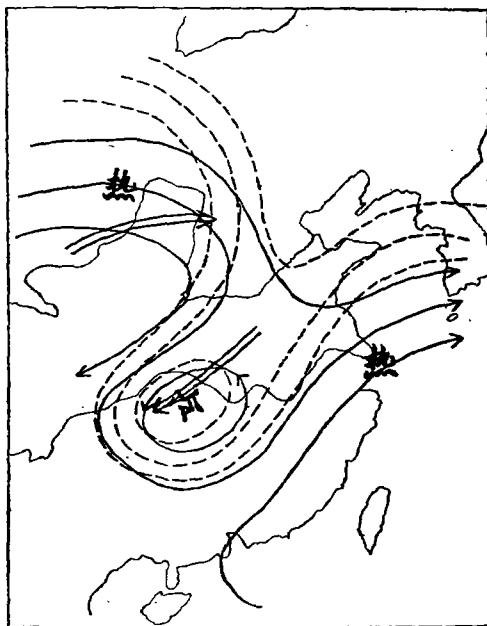


圖 13. 西南渦形成过程时的高空流場与温度場示意图。双箭头指示冷暖空气移动方向。

夏半年寒潮不强，西南冷渦比較容易出現。出現后也不易被西風急流牵引东移出海。

西南冷渦因为在南方停留較久，冷空气变性，与暖空气間的鋒区結構不明顯，但还

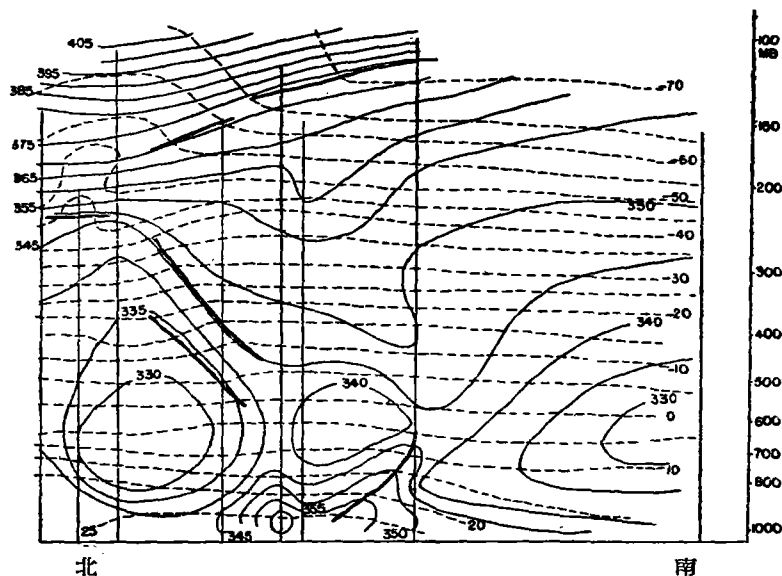


圖 14. 中國季風剖面圖(說明同圖 2)。

是可以看出来。其情况与圖 12 基本是一样的。

2.3 季風热低压

盛夏大陸加热最烈时,由印度到中國形成一个大的热低压。大多数情况,在这整个热低压中,中國与印度分別有季風热低压。地面圖上最清楚,中下对流層中的等压面圖上也还看得出来。

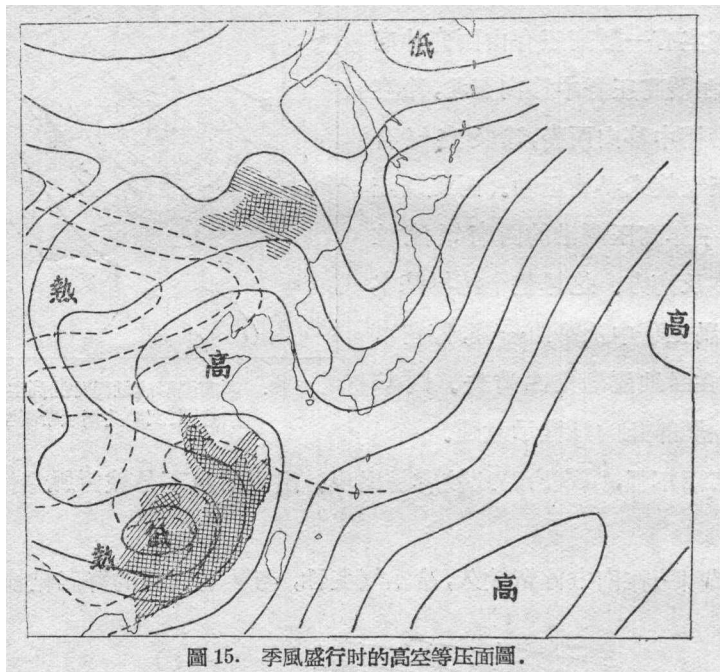


圖 15. 季風盛行时的高空等压面圖。

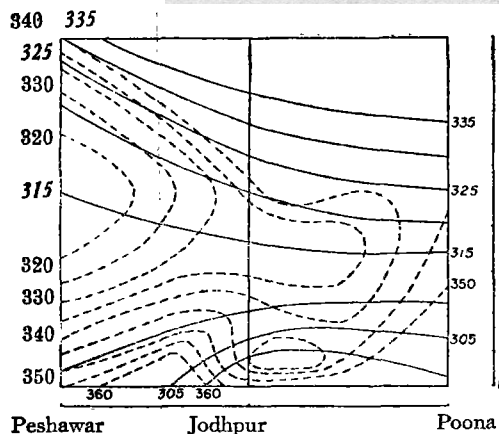


圖 16. 印度季風剖面圖(De Beuck 繪,見参考文献[20]). 虛綫原用湿球位温,由作者改为假相当位温以便与圖 19 比較,实綫是位温綫,可与圖 19 等温綫比較。

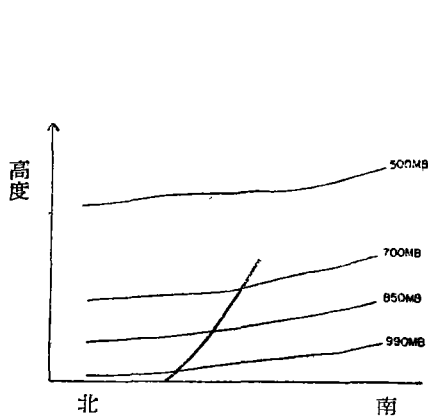


圖 17. 赤道鋒附近等压面形势分佈示意图。

中國季風結構, 如圖 14, 15 所示, 基本与印度季風結構圖 16 相同^[9]。鋒区斜向南方, 即北方較热, 南方較冷。鋒区附近热成風关系或馬格拉斯鋒面斜度公式是以气旋式旋轉流場由下向上, 以及由渦旋外圍向热渦旋中心減弱來維持, 如圖 17。

圖 14 等假相当位温線沿鋒区由下往上凸起的極大值处, 是降水的地方。注意極大值的数值, 中國与印度相差並不多。季風热低压降水顯然不是均匀分佈, 而是比較集中在鋒区一帶的。印度也有类似情况^[10]。这种鋒一般称为赤道鋒或热带鋒。当幅合較强的赤道鋒南方, 降水帶分佈相当广大时, 等假相当位温線不僅沿鋒区上凸, 而是在大範圍里上凸, 如圖 18。

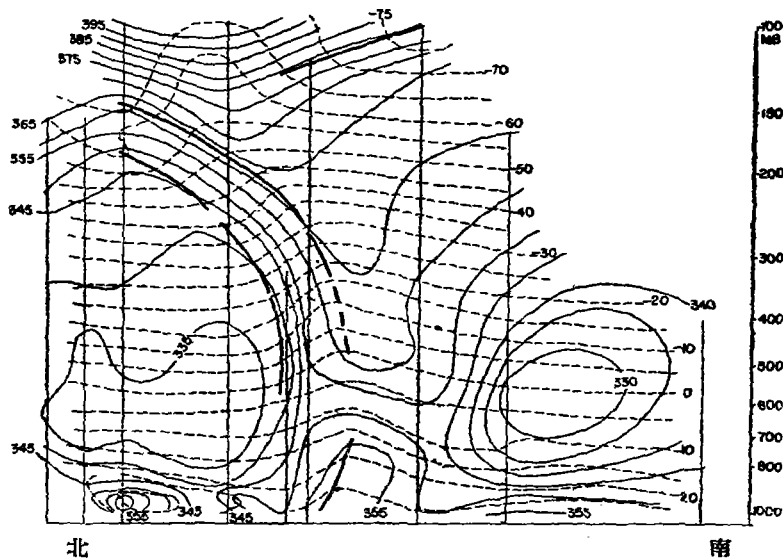


圖 18. 赤道鋒附近大区域雨区中, 等假相当位温線上凸情况。

2.4 暖鋒

解放前, 中國气象工作者之間有一种相当普遍的看法, 認為中國暖鋒不顯著。暖鋒与冷鋒一样, 最初只是指气旋中气团分界^[11]的区域。当时挪威气象工作者的研究对象区域很小, 只是西北欧洲沿海一帶, 所發現的因而是小区域里的現象。随着高空紀錄的增加, 及研究范围的擴大, 鋒的意义已不僅限於气旋区域, 而擴充到冷槽前后的大範圍里^[12,13]。現在一般关于鋒区在冷槽前后分佈的模型, 大致如圖 19。

A 是暖鋒, BCD 是冷鋒。因为从固定地点观点看, B, C, D 区基本都是冷平流。但如以整个移动的鋒为标准, 因鋒上有波狀振动的运动, 在某一个短时间里 C 区有暖平流, 因而是暖鋒。C 区可以称为相对的暖鋒。关于槽前冷鋒区降水, 前在 2.1 節冷鋒中已有叙述, 不再重复。在此着重槽后暖鋒降水問題的討論。

中國境內暖鋒流場，基本有兩種形勢：第一種，暖鋒下是強烈下沉的冷空氣。暖空氣來自西北內陸，也有下沉運動。在地面圖上是強大的冷高壓，在高空圖上是暖高壓。這種情況，全年都有出現在冷槽之後，冬半年最多。鋒區在高空還相當明顯，地面因冷空氣下沉絕熱與輻射加熱，變性很大，根本看不到鋒。天氣情況是碧空萬里，晴朗無雲。這種天氣最易預報。其高空流場形勢與垂直鋒區的剖面情況，見圖 20 和 21。

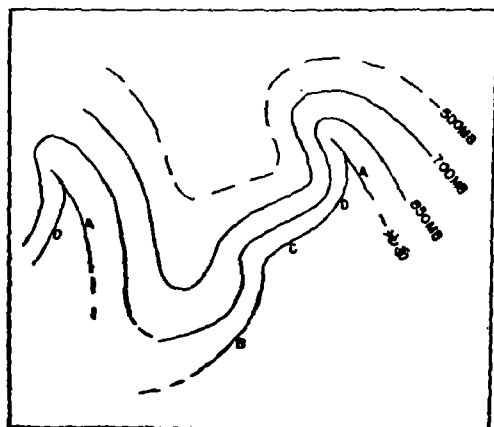


圖 19. 冷槽前後鋒的分佈示意圖。

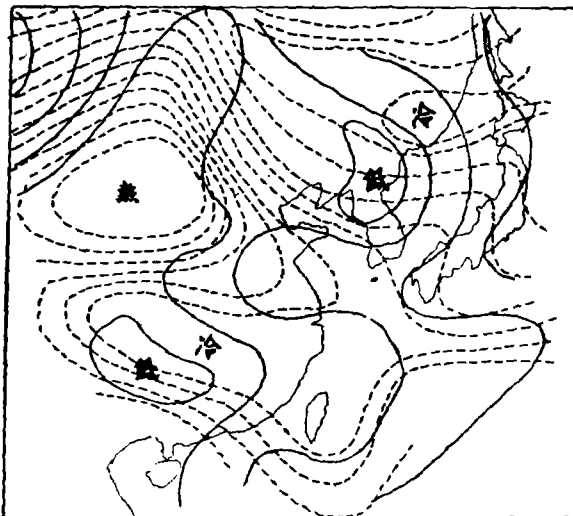


圖 20. 暖鋒在北方產生不降水天氣時的 850 毫巴等壓面概約圖。

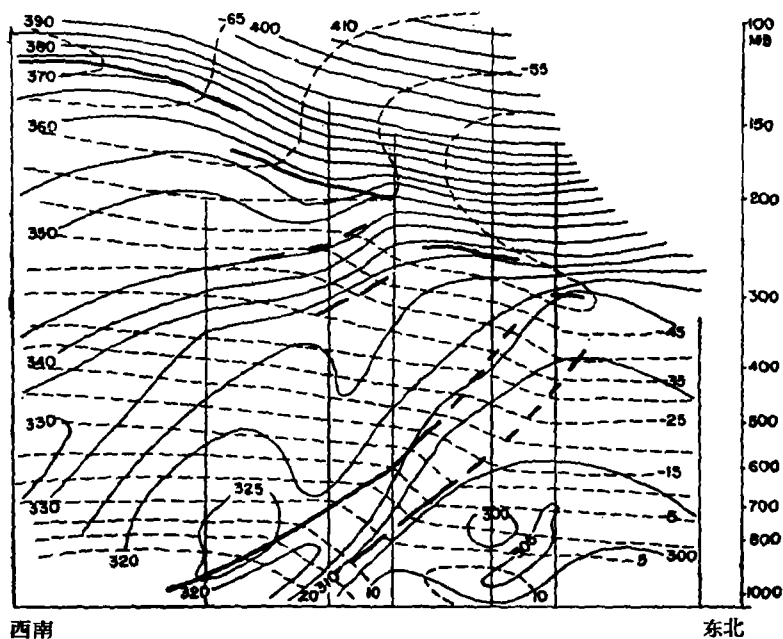


圖 21. 垂直不降水暖鋒的鉛直剖面圖(其他說明同圖 2)。

第二种出現於夏季季風最盛时,微弱的冷槽扫过季風热低压的北方,地面是較强的气旋式流場。高空一方面由於热低压随高度減弱,一方面由於北方冷槽的影响,气旋式渦旋減弱,有时热低压北方由东向西及由东南向西北的气流可以轉向由西南到东北,在冷空气上爬升,造成廣大区域的降水。槽前槽后的雨区連成一片。如圖 22 和 23。

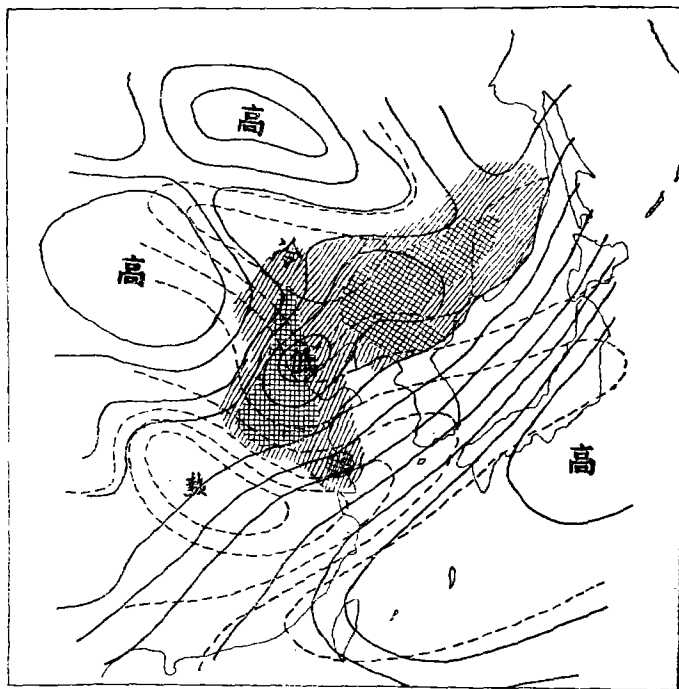


圖 22. 暖鋒在北方產生降水天气时的 850 毫巴等压面概約圖。

冷槽在西北还没有到达东亚季風区前,槽后的暖鋒还是屬於第一种形式,不降水。降水区域只在槽前,是冷鋒式降水。到达季風区后,尤其是中國东部沿海及華北平原一带,可以突然發生槽后降水,与槽前降水連成一大片。这种槽后降水形势,因为來得快,又随冷槽东移,去得也快,很容易忽視。当其出現时,預报准确度最低。东南沿海一带,地位偏南,南方环流影响較大,冷槽过境后,閩廣一带常留有長条小片雨区,就是这种暖鋒式降水(參看圖 5, 6, 7)。一般採用經驗規律預报,盛夏季風环流遍佈中國本部时,冷槽在中國东北过境,山西河北一带,可以產生廣大范围暖鋒式大量降水。当高空紀錄不够稠密时,很容易忽視。不注意这种降水天气結構,很容易造成預报上的重大錯誤。

2.5 台風

台風的运动及生成,國內已有不少研究。關於台風構造,除竺可楨^[4]等早日著作

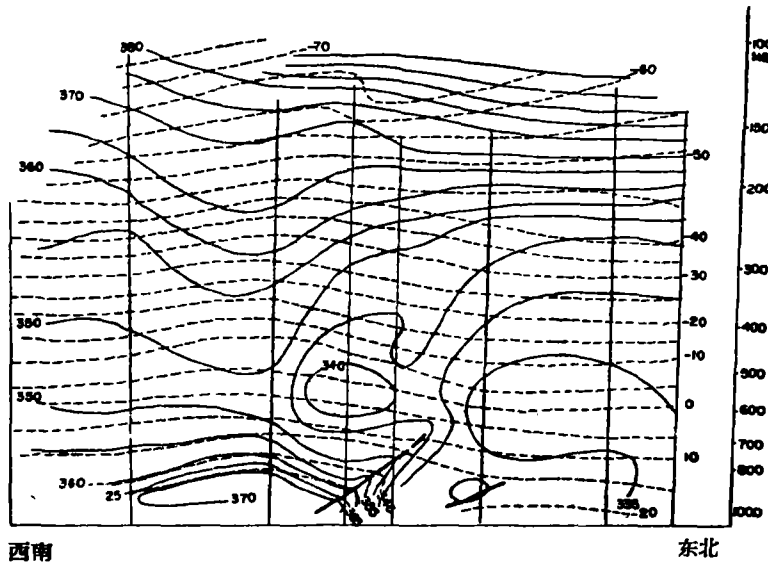


圖 23. 垂直降水暖鋒的鉛直剖面圖(其它說明同圖 2)。

外,似不多見。台風逼近中國海岸時,台風眼靠近中國海岸。由台風眼到中國內陸的構造,可由實際紀錄分析得出。海外高空紀錄缺少,可假設其為對稱。又台風眼無實際觀測溫度紀錄,故參用其他觀測的結果^[15,16],得出圖 24。

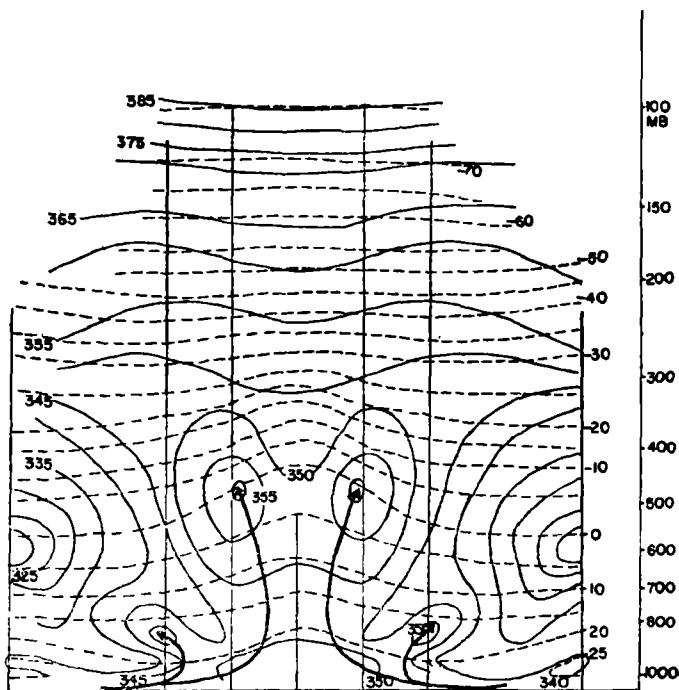


圖 24. 台風剖面圖(箭头指示上升气流)。

台風眼的構造很清楚，等溫線上凸，等假相当位溫線在眼壁附近凸起，在眼內下凹。本圖中眼壁最大值成為閉合中心，或系特例。

圖 24 雖然不是完全根據實際紀錄繪出，但可啓示大陸上的台風結構，過去未見過，可供參考。

圖中台風眼附近兩個等假濕球位溫線的最大值處，應是降水最強的地區。這與雷達照像中，有些台風の積雨雲帶形成幾層近似的圓圈狀，頗為符合。

3. 關於某些天氣概念的意見

根據一年來的實際分析普查工作，發現某些現在盛行的、及過去盛行的而現在還沒有修正的天氣概念，有加以明確的必要，分別討論如下。

3.1 季風與梅雨

中國古代人民，早已注意到季風與梅雨的問題。“三時已斷黃梅雨，萬里初來舶艍風”說明了季風與梅雨的關係。竺可楨^[17]首先以氣候學的观点、統計學的方法，計算東南季風與中國各地雨量的關係。盧鋈^[18]、高由禧^[19]等由降水特性方面對季風及梅雨問題，作比較詳細的討論。趙九章^[20]曾以氣團分析方法，肯定季風降水是由於太平洋氣團對流性不穩定及被迫抬高所引起，這是由天氣學的观点與方法，根據高空探測材料，研究季風降水的開端。近年來探測紀錄增多，分析預報也比較週詳。“雨水連綿”、“連續下雨”等有關於季風與梅雨的概念，已逐步得到明確及修正。但是到現在為止，季風與降水的關係，並未確立；梅雨的定义也沒有肯定。

本文中 2.2, 2.3 及 2.4 節中所討論的夏季降水，都是季風梅雨性質，持續時間長短不一，強度大小也隨時隨地不同，流場形勢的多样性也是季風降水特性之一。印度季風降水也發現有同樣情況^[10]。

除季風熱低壓及台風外，其他夏季降水天氣系統，都與北方較冷空氣有關。而冷空氣能夠到達的南限，隨時間有南北移動，所以雨區也有同樣的移動。這與從前的在夏季，鋒區及梅雨逐步北移的觀念，完全相同。但顯然不是東南季風與南季風間的赤道鋒。即 2.3 節所討論的熱低壓，降水區域的鋒區結構，是赤道鋒性質，但是否是東南季風與南季風輻合的結果，尙有待於進一步研究。涂長望^[21]曾根據高層大氣中的含水量，區別構成南季風的赤道氣團與構成東南季風的太平洋氣團。一般認為南季風是赤道氣團，在洋面停留的時間較長，移動的距離較遠，所以含水量比較大，濕空氣也較厚。東南季風是太平洋熱帶氣團，因為在海面停留的時間及運行的距離都比較短，所以雖然近

地面層的含水量与南季風赤道气团中的含水量近似,但是高空中湿度則比較小,即湿空气的厚度比較薄。根据最近剖面分析,發現來自东南、南方、或西南方的空气結構基本上是一样的。除鋒区外,都是下層潮湿,中層干燥,具有对流不穩定特性。鋒区因有輻合抬升运动,潛势的对流不穩定性成为现实的不穩定性。低層的湿热空气,沿鋒区上升,形成厚的潮湿空气。即观测到的主要降水地带。涂氏結論的得出,顯然是由於根据單点或少数地点的記錄。以对流性不穩定空气被抬升,形成厚湿大量降水的空气作为赤道气团;而以未被抬升,結構不变,对流不穩定性保持潛势情况的热帶空气,作为太平洋热帶气团。或是由於大陸加热的結果,热赤道北移,大陸上輻合加强,气流上升,在大陸干热空气与海洋潮湿稍凉空气間形成赤道鋒式降水。根据降水地区的單点記錄,誤認赤道鋒以南的所謂赤道空气原來就是有很厚的潮湿層。

实际情况是,無論極鋒式或赤道鋒式降水,鋒区南的空气中上層还是比较干燥,具有对流不穩定特性。必需有輻合或抬升作用,產生上升运动,才能構成厚湿空气及大量降水。印度季風区的剖面,顯示赤道鋒南的空气結構,也有类似特性。顯然,厚湿空气的形成,不是決定於在海面停留時間長,运行距离大(事实上低緯度高空測站稀少,很难准确決定空气在海面停留時間与运行距离)。而是決定於是否有抬升或輻合作用,使对流不穩定特性,由潛势情况,变为现实情况。使下層湿空气能够上升,因而構成較厚的潮湿空气。

因此季風降水,或可归納为二种形式:第一种是季風初期及末期,屬於極鋒式降水性質。海洋热帶气团在北方較冷的气团边沿上升,因而產生凝結降水。由於高空流場的多样性,極鋒及雨区的分佈形式,移动的速度差別很大。第二种是季風盛期,屬於赤道鋒式降水。海洋空气向內陸热中心輻合,空气較大陸为凉,鋒区傾向海洋空气。在这两种降水情况中,由於雨区各地流場輻合上升或抬升的强度不一,外加地形的影响,热帶海洋气团的对流不穩定性的实现程度因而有差異,降水强度与降水量的分佈也不很均匀。

3.2 西北槽及槽綫前傾

顧震潮^[6]曾根据單点測風的时间剖面圖,論証西北槽的特点是槽綫前傾。而認為这是与西風波的基本不同点。冷空气南下时,高空流場形成冷槽,这是常見的現象。这种現象,能否称为西風波,是值得考慮的問題。關於这方面,有不同的意見,还没有肯定的結論。在这里准备討論的是所謂西北槽槽綫随高度前傾的特性。

根据靜力学平衡关系,槽綫随高度移向冷空气,即槽綫后傾。靜力学关系的誤差,

小於測風的誤差，我們不可能用現有准确度的測風技術的觀測結果，來檢定靜力學平衡關係的准确度。更不能用來推翻靜力學平衡的規律。槽綫前傾現象如何解釋，顧氏原文未加討論。

近年探空記錄增多，大氣結構的分析成為可能。根據我們初步研究的結果，測風時間剖面圖上槽綫前傾現象的發生有二種情況：

(1) 鋒區的多層結構 鋒區多層結構是很普通的現象，是由於現在還不很清楚了解的热力与动力原因，冷空气分批南下的結果。當上層鋒近地面層部分，因冷空气南下已久，变性不明顯。而下層鋒因鋒下冷空气南來不久仍很清楚。在有云層而使測風紀錄限於下層大氣時，最易把上下兩鋒區的兩個氣旋式后傾槽綫，在測風時間剖面圖上連成一個前傾槽綫。這一種情況，在2.1節，已有討論。

(2) 热低压与冷鋒 當冷鋒由西北南下時，冷鋒前暖空氣很乾燥。地面加熱与动力加熱的結果，在冷鋒前干熱空氣的地面上常形成热低压。帶給西北及華北的不是降水而是風沙天气。由於热低压軸近於鉛直，近地面層是低压，上面是微弱高压。冷鋒在其西北邊沿，很容易把地面冷鋒槽綫、低層大氣中热低压槽綫与中層大氣中微弱高压南的槽綫，在測風時間剖面圖上連成一個系統，成為前傾的西北槽。夏季微弱冷鋒接近季風热低压時，在測風時間剖面圖上，也可以看到這種現象。圖25是地面冷鋒与热低压合成一個前傾槽綫示意圖。

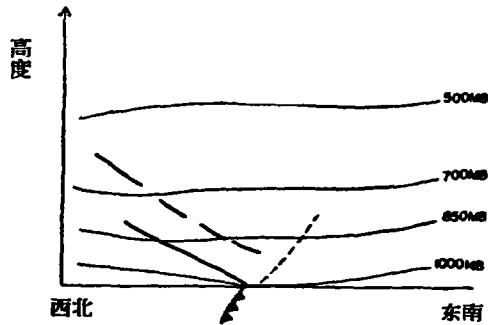


圖 25. 冷鋒与热低压所造成的槽綫前傾現象。

此外在赤道鋒附近，也有槽綫南傾的現象。因為是傾向較冷空气，不能叫做前傾，移動也慢，不易發生誤會。同時也不是顧氏所稱西北槽的范疇，在此不多討論。

因此，我們擬作如下的結論，西北槽槽綫前傾，是根據不很週全的測風記錄，將二個系統在單點測風時間剖面圖上，混作一個系統，所得出的不正確的結果。

3.3 切變綫

切變綫名詞在流體力學中，應用已久。氣象學中，皮捷克尼斯^[11]最初稱地面圖上的暖鋒為切變綫，後更名為暖鋒。現在為氣象學界所普遍應用。熱帶氣象的研究者^[22,23]曾廣泛應用切變綫名詞。本文作者^[24]曾討論中緯度高空切變綫的形成，後牛頓^[25]等也曾對高空切變綫作了一些研究。一般所謂切變綫，不論其出現於中緯度或低緯度，高

空或地面,是指沒有温度梯度,而有强烈的風向風速变化的地帶。近年來这一名詞被廣泛地用於所有高空有气旋式風向風速切变的地帶,包括明顯的大小冷槽,及阻塞高压西南与东南一連串的小冷渦,並与降水現象相联系。切变綫名詞如此用法,未免太过於廣泛。再則,切变綫所包括的天气系統太多,性質又不一样,沿切变綫各地降水情况又大不相同,對於精确的降水預报,並沒有什么好处。因而切变綫名詞应用的限制,实有商討的必要。由於夏季降水区域,接近 850 毫巴面上的鋒区,在有冷槽和冷渦时,降水最大区域又与鋒区北凸处相符合。一般所作的連接冷渦中心的切变綫在最大降水区的北方,而冷槽中所作的切变綫,在降水区的西方。因此引用高空鋒区分析及預报降水似比較合理,也容易掌握規律,因而預报或可比較准确。

3.4 天气模型在分析預报中的应用与限制

从事天气分析預报的实际工作者,沒有一个能不用天气模型。我們都知道模型就是模型,只是代表一般的情况,而不是与实际个别情况完全符合的。我們都知道这些模型的功用,也都了解这些模型的限制。经过适当訓練並有相当实践經驗的气象工作者都能够掌握模型与实际天气的異同。利用已知模型的規律,結合实际情况与模型的差別,便利了天气分析与討論,从而增加預报的准确性。只有那些教条主义者、或经过有問題的教學方式的訓練剛走上工作崗位的畢業学生,才会机械地搬用天气模型。

但是並不是所有的天气模型,我們虽然应用了而也体会到它是个模型。或者我們虽了解那也不过是模型,也了解它的限制,然而还是錯誤地运用,沿於習性而不加更正的。

現在分析中这方面的最顯著例子有二个:第一个是高空切变綫,高空切变綫模型是在探空紀錄缺乏时,利用測風紀錄預报雨区时發展起來的。在探空紀錄很少,測風紀錄及高空流場作为主要分析預报工具时,高空切变綫模型的确起了便利分析、提高預报效率的功用。但現在探空紀錄增多,天气結構可以探討了。如还故步自封,保持原用的,根据簡單流場作分析預报时的模型为主要工具,而不仔細研討大气中的溫压場結構,以進一步的了解天气物理狀況与物理变化过程,則不但國家投資未被充分利用,还使我們的保守性違背了發展的規律,阻碍了天气預报准确性的進一步提高。修改高空切变綫模型概念的时机已經到了,希望气象工作者,尤其是实际分析預报工作者共同努力,創造一些更合於客观要求,符合不同的实际情况,能促進預报效率的先進模型。

第二个例子是地轉風关系或地轉風模型。最初級的气象工作者,也学过地轉風关系,一般的气象工作都知道地轉風关系的限制。地轉風关系是实践与理論相結合所創

造出來的模型。由於簡便，由於在大範圍里，在高空中，地轉風关系大致是適合实际情况的，因此应用很廣。但是这並不意味着地轉風模型可以用於接近地面的高空等压面上，或高空等压面形势場有急剧变化的区域里。因为在这些地方，地轉風关系是不適合的。这一点也是大家都知道的，可是在我國西南山地一帶繪 850 毫巴等压面的等高綫时，还是相当普遍地把等高綫画得与風向平行。有一种說法，說这是要符合实际情况。我們都知道在摩擦層里，流綫是与等压面上的等高綫，或等高面上的等压綫相差很远的。在这些地区，繪等压面上的等高綫，如勉强地与風向平行，則結果繪出來的綫条既不是等高綫，也不是流綫。我們不能忘記沿着風向繪等高綫，就是引用地轉風模型。而这种模型，在摩擦層里是完全不適用的。在等压面上变高、变低很大的地区，也有类似的錯誤。由於这种錯誤，使我們對於高空等压面上形势的概念不清。

模型的認識及其正确的运用，旧的模型的修改，新的模型的創造，不僅對於定性天气預报，即对定量天气預报都大有帮助。在这方面气象工作者应予以更進一步的注意。

4. 結 語

本文是一年來，从事降水天气初步普查結果的摘要，文中提出了一些修改后的高空等压面及剖面圖分析方法，几种常見的降水天气系統的結構，並簡單的討論其演变过程。最后並提供一些對於某些天气概念的看法。这些結果当然是初步的，还有待於深入研究。例如地形的影响，各种降水天气的詳細演变过程与發生頻率，其他降水天气系統的發現等等。而所討論的天气系統的实用价值，与所提供的關於某些天气概念的意見的正确性，都有待於实践的考驗。

本文工作中，曾嘗試以三角点法从事降水量的計算。但由於降水天气測風紀錄太低，結果不好，將來当用無綫电測風紀錄進行。降水量計算方法的改進，与降水量預报，更是我們最終的目标，这是我們的努力方向。这些工作，牽涉很廣，希望气象工作者能从不同角度配合進行，同时对我們的工作予以批評和帮助。

本文工作中，承蒙中央气象台予以各种便利，謹此致謝。

参 考 文 献

- [1] 陈洪耀, 預告我國东部夏季暴雨的一些体会, 天气月刊, 1954, 6月号, 24-27.
- [2] 中央气象台, 1955年全国危险天气經驗討論会关于暴雨分析預告經驗的一些体会, 天气月刊, 1955, 6月号, 18-21.
- [3] 李憲之, Die Kälteeinbrüche in Ostasien, *Met. Zeit.*, 53 (1936), 74-76.
- [4] 盧 鋈, 中國之寒潮, 中央研究院气象研究所集刊, 第10号, 1937.
- [5] 謝义炳、陈玉樵, 西太平洋及东亚大陸上空的温度場与流場, 地球物理学报 2 (1951), 279-297.
- [6] 顧震潮, 論西北低压槽的構造, 天气月刊, 1951, 11月号, 15-19.
- [7] 謝义炳, An Investigation of a selected cold vortex over North America, *J. Meteor.*, 6(1949), 401-410.
- [8] Rossby, C. G., On the displacement and intensity changes of atmospheric vortices, *J. Mar. Res.*, 7 (1948), 175-187.
- [9] De Reuck, Discussions of the intertropical front over India during the S. W. Monsoon, *Q. J. R. M. S.*, 74 (1948), 391-392.
- [10] Ranmatullan, M., Synoptic aspects of the monsoon circulation and rainfall over Indo-Pakistan, *J. Meteor.*, 9 (1952), 176-179.
- [11] Bjerknes, J., On the structure of moving cyclones, *Geof. Publ.*, 1:2(1918).
- [12] Bjerknes, J. and Palmén, E., Investigations of selected European cyclones by means of serial ascents, *Geof. Publ.*, 12: 2(1935), 66.
- [13] Центральный Институт Прогноза Руководство по Краткосрочным Прогнозам Погоды, Часть I, Гидромет. Изд Ленинград. 1955,
- [14] 竺可桢, Some new facts about the centers of typhoons, *Mon. Wea. Rev.* 46(1918), 417-419.
- [15] Simpson, R. H., Structure of immature Hurricane, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 35 (1954), 335-350.
- [16] Jordan, D. C. L., On the low-level structure of the typhoon eye, *J. Meteor.*, 9 (1952) 285-290.
- [17] 竺可桢, 东南季風与中國之雨量, 地理学报创刊号, 1935, 1-27.
- [18] 盧 鋈, 中國气候总論, 商务, 1954, 273.
- [19] 高由禧, 1946年長江流域的梅雨, 气象学报, 23 (1952), 61-84.
- [20] 趙九章, A preliminary analysis of the air masses over Eastern China, *Mem. Inst. Meteor.*, Nanking, No. 6, 1935.
- [21] 涂長望, 中國之氣团, 中央研究院气象研究所集刊, 12:2(1938).
- [22] Riehl, H., Subtropical flow patterns in summer, *Misc. Reports*, Univ. of Chicago, No. 22, 1947.
- [23] Riehl, H. and Cressman, G. P., Studies of upper-air conditions in low latitudes, *Misc. Reports*, Univ. of Chicago, No. 24, 1948.
- [24] 謝义炳, On the formation of shear lines in the upper atmosphere, *J. Meteor.*, 7(1950), 382-387.
- [25] Newton, C. W., Phillips, N. A., Carson, J. E. and Bradbury, D. L., Structure of shear lines near the tropopause in summer, *Tellus*, 3 (1951), 154-171.

A PRELIMINARY SURVEY OF CERTAIN RAIN-BEARING SYSTEMS OVER CHINA IN SPRING AND SUMMER

HSIEH YI-PING AND COLLABORATORS

(*Peking University*)

ABSTRACT

This is a brief report of a preliminary survey of certain rain-bearing systems over China in later spring and summer. In the first part, a general description of the methods of analysis used in this survey is given. As the temperature and wind fields are weak, and the precipitation is heavy, smaller intervals for the isotherms and contours in the constant pressure surface and pseudo-equivalent potential instead of potential temperature in the cross section analysis are used.

In the second part, there are descriptions of the structure and development of five frequently observed rain-bearing systems i.e. cold front, blocking high and cold vortex, monsoon heat low, warm front and typhoon.

The last part consists of discussions of some points of view in synoptic meteorology in China. It is stated that the monsoon precipitation is various in intensity and duration according the large-scale flow patterns. The difference of moisture content in the middle troposphere as a criterion for the identification of equatorial or tropical maritime air mass is proved to be misleading. It is shown that the upper air moist content is high only within the raining region near the polar or equatorial front. To the south of the equatorial front within the so-called equatorial air mass, the moist content in the middle troposphere is as low as within the tropical maritime air mass. It is the convergence and lifting of the tropical air mass which releases the convective instability and induces the surface moist air rising to the middle troposphere. The phenomenon of the forward-inclination of the so-called North-West Trough based on the time cross-section of wind is proved to be a mistake by combining two systems into one trough. The terminology of shear line, and the correct application of synoptic models in weather analysis and forecasting are also discussed.